



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2008

Wo steht die Kartenproduktion heute? - eine vergleichende Evaluation im Rahmen von EuroSDR

Schmid, S ; Burghardt, D ; Weibel, Robert

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-7025>
Conference or Workshop Item

Originally published at:

Schmid, S; Burghardt, D; Weibel, Robert (2008). Wo steht die Kartenproduktion heute? - eine vergleichende Evaluation im Rahmen von EuroSDR. In: GIS/SIT 2008: Geoinformation schafft Mehrwert, Zürich, 10 June 2008 - 12 June 2008, 1-9.

Wo steht die Kartenproduktion heute? – Eine vergleichende Evaluation im Rahmen von EuroSDR

Stefan Schmid, Dirk Burghardt und Robert Weibel
{stefan.schmid, dirk.burghardt, robert.weibel}@geo.uzh.ch
Geographisches Institut, Universität Zürich
Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich

1 EuroSDR-Projekt zum Stand der Technik in der Kartenproduktion

In den vergangenen Jahren war die automatische Generalisierung von Karten Gegenstand intensiver Forschung und Entwicklung. Die Neuorientierung hin zur verstärkten Automatisierung des Generalisierungsprozesses verfolgt primär die Ziele, schnellere Kartenproduktionszyklen zu realisieren, wie auch die Produktionskosten zu minimieren und dies bei gleichzeitiger Sicherstellung gewohnter kartographischer Qualität. Die Forschungsarbeit hat einige erfolgsversprechende Ansätze zur Realisierung dieser Ziele hervorgebracht. So können Teilbereiche des Generalisierungsprozesses für ausgewählte Situationen erfolgreich automatisiert werden (z.B. Gebäude- oder Strassengeneralisierung, Generalisierung des Gewässernetzes, Reliefgeneralisierung). Jedoch ist es weder der Forschungsgemeinde noch Anbietern kommerzieller Softwareprodukte bis zum jetzigen Zeitpunkt gelungen, den ganzheitlichen Generalisierungsprozess zu automatisieren. Dieses Problem basiert prinzipiell auf zwei Gründen. Einerseits sind immer noch keine Lösungen zur konzeptionellen Modellierung des ganzheitlichen Generalisierungsprozesses von Karten vorhanden (Harrie and Weibel, 2007). Andererseits scheint es für Produzenten kommerzieller Generalisierungssysteme schwierig, die von der Forschung hervorgebrachten Lösungsansätze in ihre Produkte zu implementieren (Stoter, 2005).

Das Interesse seitens der Softwareproduzenten an der Entwicklung in der Forschung zu partizipieren, wie auch das Interesse von nationalen Vermessungsämtern an automatisierten Generalisierungssystemen bildeten die Basis zur Lancierung eines EuroSDR-Projekts (European Spatial Data Research). Das primäre Ziel dieses Projektes besteht darin, den Stand der Technik in der automatischen Generalisierung von topographischen Karten zu analysieren. Nationale Vermessungsämter (KMS, Dänemark; ICC, Katalonien; IGN, Frankreich; IGN, Spanien; OS, Grossbritannien; TDK, Niederlande), Forschungsinstitute (Universität Hannover; Universität Zürich; ITC, Niederlande) und die Privatwirtschaft (ESRI, 1Spatial, Axes Systems AG) arbeiten gemeinsam an diesem Ziel. Es wird dabei untersucht, inwieweit bestehende kommerzielle Systeme für die automatische Kartenherstellung geeignet sind und demnach den Anforderungen der Kartenproduzenten genügen. Die kartographische Qualität automatisch generalisierter Karten ist daher ein wichtiger Indikator zur Interpretation des heutigen Stands der Technik.

In der ersten Projektphase (Oktober 2006 – Mai 2007) erfolgten intensive Vorarbeiten mit der Festlegung des Testszenarios. Hierbei wurden geeignete topographische Testdatensätze erzeugt, kartographische Anforderungen an die Generalisierungsergebnisse festgelegt, sowie die Evaluierungsmethode erarbeitet. In der zweiten Projektphase (Juni 2007 – Januar 2008) wurden die Generalisierungstests durchgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse ist Gegenstand der dritten Projektphase. Ziel ist es, dass Projekt Ende 2008 abzuschliessen.

In den praktischen Generalisierungsexperimenten wurden vier verschiedene kommerzielle Generalisierungssysteme getestet. Bei den Systemen handelt es sich um die Produkte ArcGIS (ESRI), Clarity (1Spatial), Genesys (Axes Systems AG) und Change/Push/Typify (Universität Hannover). Die Firmen Intergraph und CPA Geo-Information waren ebenfalls am Projekt interessiert, konnten aber keine kommerziell erhältlichen Generalisierungslösungen für das Projekt zur Verfügung stellen.

Die getesteten Systeme verfolgen zum Teil unterschiedliche Generalisierungsstrategien. ArcGIS ist eine GIS-Anwendung, die nicht spezifisch für die Generalisierung von Karten entwickelt wurde, aber dennoch über Instrumente für die automatische Generalisierung von Vektordaten verfügt. Die Gestaltung des Prozesses, also die Organisation der Operationenabfolge, wird durch den Anwender bestimmt und anschliessend auf die Daten angewendet. Im Gegensatz zu ESRI hat 1Spatial mit Clarity ein eigentliches Generalisierungssystem entworfen. Dieses System basiert auf einer objekt-orientierten Umgebung und verwendet die AGENT-Technologie (Ruas, 1999, Barrault et al., 2001) zur Steuerung der Generalisierungsoperationen. Auch Genesys von Axes Systems AG ist spezifisch für die kartographische Generalisierung entwickelt worden. Es handelt sich dabei um eine Anwendung, die sowohl eine automatische als auch eine interaktive Generalisierung ermöglicht. Die drei Softwarekomponenten Change, Push und Typify werden von der Universität Hannover separat bereitgestellt, wobei jede Komponente für einen spezifischen Aspekt des Generalisierungsprozesses zuständig ist. Change setzt auf eine vordefinierte Abfolge von Generalisierungsoperationen, Push basiert auf dem Optimierungsprinzip der Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate und Typify ist ein Programm zur spezifischen Generalisierung von Gebäuden.

Innerhalb des EuroSDR-Testverfahrens wurde jede dieser Softwareprodukte auf vier Generalisierungsprobleme angewendet, wobei es sich dabei um vier topographische Datensätze handelt, die sich prinzipiell aufgrund der zugrunde liegenden Regionstypen unterscheiden (siehe Tabelle 1), und den von den beteiligten Vermessungsämtern definierten Anforderungen an die Generalisierungsergebnisse.

Tabelle 1: Von beteiligten Vermessungsämtern zur Verfügung gestellten Testdatensätze

Quelldatensatz	Regionstyp	Zielmassstab	Wichtige thematische Klassen
1:1250 OS Grossbritannien	städtisch	1:25'000	Gebäude, Strassen
BD Topo (~1:10k) IGN Frankreich	gebirgig	1:50'000	Gewässer, Höhenlinien
TOP10NL, TDK Niederlande	ländlich	1:50'000	Gebäude, Bodennutzung
1:25k , ICC Katalonien	Küstenregion	1:50'000	Gebäude, Gewässer, Meeresküste

Das Projektteam hat sich für die Generalisierung von mittel- bis grossmassstäblichen Karten entschieden. Eine Ursache liegt im hohen manuellen Generalisierungsaufwand der ohne automatische Lösungen in diesen Massstabsbereichen geleistet werden

muss. Des Weiteren lag der Fokus auf der Generalisierung von ganzen topographischen Karten. Die Tester (Projektmitglieder) hatten die Aufgabe, die von den Vermessungsämtern vorgegebenen kartographischen Anforderungen an ganze topographische Generalisierungslösungen in den kommerziellen Generalisierungssystemen umzusetzen. Der Generalisierungsprozess durfte jedoch nicht als eine Abfolge von Operationen auf Einzelobjekte gestaltet, sondern musste auf Objektklassen oder Partitionen ausgeführt werden. Dieser Aspekt unterscheidet das EuroSDR-Projekt von früheren ähnlichen Forschungsarbeiten (vgl. Ruas, 2001). Um sicherzustellen, dass die aus den Tests resultierenden Generalisierungslösungen nicht durch die Fähigkeiten des Testers eingeschränkt sind, wurden die jeweiligen Produzenten der getesteten Software zu parallelen Tests eingeladen. Im Gegensatz zu den Testern des Projektteams war es ihnen erlaubt weitere Systementwicklungen vorzunehmen.

Jeder Testdurchlauf ist hinsichtlich folgender Aspekte dokumentiert worden: Vorgehensweise (Installation der Software, Daten-Input, Vorverarbeitung, etc.), Angaben zur Reihenfolge und Parametrisierung der Generalisierungsoperatoren, Zeitaufwand für Konfiguration und Testdurchführung, Angaben zur Implementierung der kartographischen Anforderungen (Constraints), sowie eine erste qualitative Einschätzung der Generalisierungsergebnisse. Die entsprechenden Informationen, wie auch die resultierenden Generalisierungslösungen wurden anschliessend in einem Evaluationsverfahren ausgewertet, beziehungsweise auf ihre Qualität überprüft.

2 Spezifizierung von kartographischen Anforderungen

Traditionellerweise wurde die Generalisierung von Karten manuell durchgeführt. Der Fachexperte (z. B. Kartograph/in) verfügte über das notwendige Wissen und die praktische Erfahrung, um sachkundige Entscheidungen zur Gestaltung von geeigneten Generalisierungslösungen zu treffen (Kilpeläinen, 2000). Im Kontext der Automation wird der Fachexperte teilweise oder ganz durch den Computer ersetzt. Diese Entwicklung zieht nach sich, dass das vorhandene Wissen in eine formale Sprache transformiert werden muss, um die herkömmliche kartographische Qualität von generalisierten Karten gewährleisten zu können.

Eine optimale und daher qualitativ zufriedenstellende Generalisierungslösung resultiert aus der Erfüllung bestimmter Anforderungen. In kartographischer Hinsicht werden prinzipiell zwei Hauptanforderungen an die Generalisierung beziehungsweise an die generalisierten Daten gestellt. Zum einen muss die generalisierte Karte lesbar sein, zum anderen soll sie trotz der Abstrahierung die Charakteristik der Ursprungskarte bewahren (Harrie und Weibel, 2007). Diese Anforderungen werden innerhalb des EuroSDR-Projekts als kartographische Constraints definiert, wobei es sich, abgeleitet aus den beiden Hauptanforderungen, um Lesbarkeits-Constraints (minimale Grössen und Distanzen) und um Erhaltungs-Constraints (Position, Orientierung, Form, Muster, Topologie, Verteilungen) handelt (siehe Burghardt et al., 2007).

Das Konzept der Constraints entstammt aus den Computerwissenschaften und wurde durch Beard (1991) in die Kartengeneralisierung eingeführt. Es ermöglicht eine flexible und formale Beschreibung des gewünschten Zielzustandes einer Generalisierungslösung (Ruas und Plazanet, 1996; Baurrault, 2001). Im Gegensatz zu herkömmlichen Ansätzen zeichnet sich der Constraint-Ansatz vor allem dadurch aus, dass keine Aktio-

nen an die kartographischen Bedingungen geknüpft sind. Der Generalisierungsprozess kann im Fall einer Constraint-basierten Modellierung mittels eines Optimierungsverfahrens umgesetzt werden. Um eine zufriedenstellende Qualität der generalisierten Karte zu erhalten, sind die Constraints in ihrer Summe in optimaler Weise zu erfüllen. Jedoch gilt es zu beachten, dass die Qualität der Karte nur so gut ist, wie die Constraints selbst.

Solche kartographischen Constraints wurden von Vertretern der beteiligten Vermessungsämtern für den jeweilige Testdatensatz formuliert, und zwar in einer für den Tester und das System verständlichen Weise. Die Constraints dienten einerseits als Zielvorgabe für die auszuführenden Testverfahren, sowie andererseits als Basis für die anschliessende Qualitätsüberprüfung. Als formale Grundlage zur Formulierung der Constraints wurde eine vom Projekt-Team ausgearbeitete Vorlage verwendet, welche zumindest in struktureller Hinsicht eine gewisse Homogenität gewährleisten konnte. Diese Vorlage unterscheidet zwischen Constraints, die auf ein Kartenobjekt, zwei Kartenobjekte oder eine Gruppe von Kartenobjekten angewendet werden. In der Tabelle 2 ist jeweils ein Beispiel zur Illustration aufgeführt (Constraints vom ICC, Katalonien):

Tabelle 2: Beispiele von Constraints auf der Grundlage einer vorgegebenen Gliederung

Aspekte in der Constraint-Vorlage	1 Kartenobjekt	2 Kartenobjekte	Gruppe von Kartenobjekten
<i>Constraint ID</i>	ICC-1-22	ICC-2-21	ICC-3-18
<i>Geometrie-Typ</i>	Polygon	Polygon - Linie	Polygon
<i>Thematische Klasse 1</i>	Kai	Gebäude	Gebäude
<i>Thematische Klasse 2</i>		Strassen	
<i>Art der Gruppe</i>			Gebäudesiedlung
<i>Bedingung an das Kartenobjekt(e), damit der Constraint auf ihn angewendet wird</i>	Tiefe eines Vorsprungs > 1 map mm	Distanz zwischen Gebäude und Strasse < 0.5 map mm und Kartenobjekte sind parallel ($\pm 15^\circ$)	Gebäudesiedlung ist umgeben von Strasse
<i>Constraint-Eigenschaft</i>	Breite eines Vorsprungs/Einbuchtung	Orientierung	Gebäudedichte (schwarz/weiss-Verhältnis)
<i>Ist der Constraint abhängig vom Ursprungsdatensatz?</i>	Nein	Ja	Ja
<i>Constraint, den es einzuhalten gilt</i>	Zielbreite > 0.2 map mm	Gebäude müssen parallel zu den Strassen verlaufen	Zieldichte = Ursprungs-dichte $\pm 20\%$
<i>Wichtigkeit des Constraints (1 bis 5; 1 ist am unwichtigsten)</i>	3	3	3

Zusätzlich zur Constraint-Vorlage wurde ein entsprechendes Dokument zur Beschreibung der Zeichensymbolisierung erstellt. Anhand dieser Vorlage konnten die Nationalen Vermessungsämter die Symbolisierung der Kartenelemente im Zielmassstab definieren.

3 Evaluierung

Nach Mackaness und Ruas (2007) kann die Qualitäts-Evaluierung in verschiedenen Phasen der Generalisierung erfolgen: vor, während oder nach dem Generalisierungsprozess. Die Wahl jener Möglichkeiten ist abhängig vom Zweck. So kann die Evaluierung im Kontext der Generalisierung 1) das „Parameter Setting“ wie auch die Abstimmung innerhalb des Generalisierungsprozesses unterstützen, 2) den Generalisierungsprozess überwachen und steuern, und schliesslich 3) die Generalisierungslösung hinsichtlich ihrer Qualität bewerten.

Um den Stand der Technik in der automatisierten Generalisierung topographischer Karten zu bestimmen, wurde innerhalb des EuroSDR-Projektes das letztgenannte Evaluierungsverfahren angewendet, wobei der Fokus auf der Evaluierung der generalisierten Datensätze und der getesteten Systeme hinsichtlich ihrer Qualität lag. Dabei sind drei parallel laufende Evaluierungsmethoden durchgeführt worden:

- *Experten-Evaluierung*: Fachexperten der nationalen Vermessungsämter bewerten die Generalisierungsergebnisse visuell. Dieses Evaluierungsverfahren beinhaltet den Vergleich der erhaltenen Generalisierungsergebnisse mit den formulierten kartographischen Constraints.
- *Automatisierte Constraint-basierte Evaluierung*: Die erhaltenen Generalisierungsergebnisse werden in diesem Verfahren quantitativ mit den formulierten kartographischen Constraints verglichen. Die „Distanz“ zwischen dem gewünschten Zielzustand einer Generalisierungslösung (Constraints) und den Testresultaten wird in einen qualitativen Wert transformiert. Dieses Verfahren wurde nur auf ausgewählte Situationen und Constraints angewendet.
- *Vergleichende Evaluierung*: Generalisierungsergebnisse, produziert von unterschiedlichen Systemen und Testern, werden miteinander verglichen.

Die genannten Evaluierungsmethoden ermöglichen einerseits eine Bewertung der vorhandenen Generalisierungsfunktionalität und geben andererseits Aufschluss über die Eignung der formulierten kartographischen Constraints zur Beschreibung von Anforderungen an generalisierte Karten. Um dies zu eruieren, wurde eine weitere Analyse durchgeführt. Die Tester wurden aufgefordert ihre Erfahrungen bezüglich der Umsetzbarkeit der Constraints im automatischen Generalisierungsprozess festzuhalten. Dies beinhaltete die Erfassung wie der Tester die kartographischen Constraints implementiert hat (ganz, teilweise, gar nicht); in welcher Weise und wie das getestete System auf den Constraint reagiert.

Das EuroSDR-Projekt verfolgt mit der Evaluierung nicht die Absicht, ein Ranking der getesteten Generalisierungssysteme zu erstellen. Der Vergleich sollte vielmehr die Möglichkeiten und Grenzen der gegenwärtig vorhandenen Generalisierungssysteme aufzeigen, um daraus den aktuellen Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich der automatischen Generalisierung abzuleiten.

4 Resultate

Zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Artikels wurden 22 Testdatensätze generalisiert. Da die Evaluierung noch nicht vollständig abgeschlossen ist, kann noch keine abschliessende Präsentation von Projektergebnissen erfolgen. In einzelnen Bereichen sind jedoch schon Resultate generiert worden, die im Folgenden beschrieben werden.

Formulierung kartographischer Anforderungen

Eine vergleichende Analyse der von den vier nationalen Vermessungsämtern als Constraints formulierten kartographischen Anforderungen für die vier Testdatensätze

hat zu verschiedenen Erkenntnissen und Resultaten geführt. Allgemein hat sich herausgestellt, dass die Heterogenität in der Constraint-Formulierung trotz der Strukturvorgabe relative stark war, und zwar in quantitativer, wie auch in qualitativer Hinsicht. Die unterschiedliche Anzahl definierter Constraints beruht vor allem auf unterschiedlichen Datenmodellen. Je höher die Granularität der Datenmodelle, desto mehr Constraints wurden definiert. In qualitativer Hinsicht ist festgestellt worden, dass kartographische Constraints für gleiche topographische Situationen von den nationalen Vermessungsämtern unterschiedlich definiert wurden.

Um das Testverfahren zu vereinfachen, hat das Projekt-Team entschieden, die kartographischen Constraints zu harmonisieren. In diesem Harmonisierungsprozess erfolgte eine Standardisierung von Constraints, die prinzipiell gleiche Anforderungen beschreiben, aber unterschiedlich formuliert wurden. Dieser Schritt ermöglichte eine Vereinfachung bei der Anwendung der Constraints während der Generalisierung und unterstützt zudem eine vergleichende Analyse der Testdatensätze in der nachfolgenden Evaluierung. Im Ergebnis der Harmonisierung wird innerhalb des EuroSDR-Projektes zwischen generischen und spezifischen kartographischen Constraints unterschieden. Als generische Constraints konnten abgeleitet werden: 21 Constraints anwendbar auf ein Kartenobjekt, 11 Constraints anwendbar auf zwei Kartenobjekte und 13 Constraints anwendbar auf Gruppen von Kartenobjekten. Im Gegensatz dazu resultierten die spezifischen Constraints in den meisten Fällen aus den unterschiedlichen Regionstypen und sind daher auch nur spezifisch anwendbar.

Ein weiterer wichtiger Forschungsaspekt bestand in der Analyse des Formalisierungsgrades. Die Auswertung der von den Vermessungsämtern definierten Constraints hat ergeben, dass der Formalisierungsgrad für eine automatische Anwendung zu grossen Teilen ungenügend war, und zwar sowohl für die eigentliche Generalisierung, als auch für die automatische Constraint-basierte Evaluierung der generalisierten Daten. Das folgende Beispiel eines generischen Constraints illustriert diese Erkenntnis:

„Die ursprünglich *allgemeine Form* eines Gebäudeobjektes muss im Zielzustand *erhalten* bleiben.“

Dieses Beispiel verdeutlicht die eigentliche Problematik in der Spezifikation von kartographischen Anforderungen an die Generalisierung. Einerseits ist die Eigenschaft (*allgemeine Form*), die durch den Constraint beschrieben wird, sehr unscharf definiert. Andererseits ist die Beschreibung des Zielzustands, nämlich, dass die Form während des Generalisierungsprozesses erhalten bleiben soll, kaum interpretierbar. In beiden Fällen fehlt es an einer mathematischen Beschreibung. Natürlich kann ein Fachexperte diesen Constraint aufgrund seines Wissens und seiner Erfahrung in einem semi-automatischen Generalisierungsprozess umsetzen, doch für eine vollautomatische Lösung reicht dieser Formalisierungsgrad keineswegs. Dieser Meinung schliessen sich auch Harrie und Weibel (2007) an. Sie behaupten, dass der Constraint-basierte Ansatz in der Kartengeneralisierung zum gegenwärtigen Zeitpunkt vor allem durch die limitierende Spezifikation von Constraints eingeschränkt ist.

Prototyp zur automatisierten Constraint-basierten Evaluierung

Innerhalb des EuroSDR-Projektes wurde ein Prototyp zur automatischen Qualitätsbewertung von generalisierten Daten erstellt. Der Prototyp steht als Plug-In für das Open Source GIS „OpenJump“ zur Verfügung. Der Arbeitsablauf (workflow) ist in Java kodiert

und zeichnet sich durch eine graphische Benutzeroberfläche aus. Die Anwendung besteht prinzipiell aus drei Komponenten: Applikation, Resultatausgabe und Visualisierung (siehe Abbildung 1).

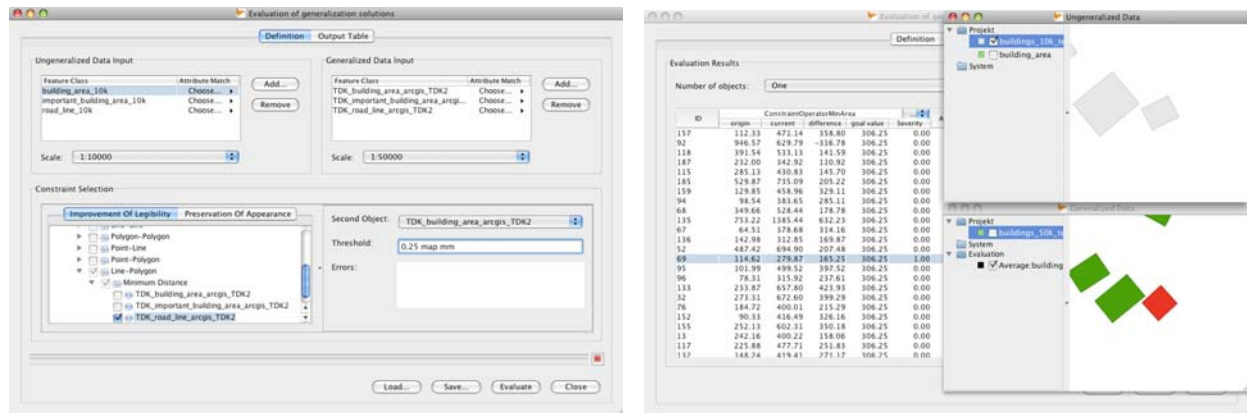


Abbildung 1: Prototyp für die automatisch Constraint -basierte Evaluierung

Das auf diesem Prototypen basierende Evaluierungsverfahren orientiert sich an der Typologie von Mackaness und Ruas (2007) und verfolgt drei Hauptzwecke:

- Identifizierung von kartographischen Fehlern und Konfliktsituationen
- Herleitung eines aggregierten Wertes, welcher die Qualität der generalisierten Daten wiedergibt.
- Bereitstellung von deskriptiven Informationen zu den aus dem Generalisierungsprozess resultierenden Veränderungen von Kartenobjekten und -situationen

Das eigentliche Evaluierungsverfahren zur Erfüllung dieser Zwecke beruht auf einem von Bard (2004) vorgeschlagenen Ansatz. Dabei wird in einem ersten Schritt die vom Constraint behandelte Eigenschaft eines Kartenobjektes (z. B. Flächengrösse) im ungeneralisierten und im generalisierten Zustand gemessen. Der Constraint gibt wiederum einen gewünschten Zielwert für jene Eigenschaft des Kartenobjektes vor. Dieser Wert wird im Fall von Erhaltungs-Constraints auf der Basis des Wertes im ungeneralisierten Zustand und in Abhängigkeit zur Massstabsveränderung berechnet. Bei Lesbarkeits-Constraints ist der Zielwert über einen eindeutigen Grenzwert beschrieben. Dieser zu erreichende Zielwert wird in einem weiteren Schritt mit dem Wert des generalisierten Zustandes verglichen wird. Die „Distanz“ zwischen diesen beiden Werten resultiert in einer Constraint-Verletzung, wobei der Grad der Constraint-Verletzung abhängig ist von der Grösse dieser Distanz. Im Fall einer Evaluierung einer ganzen topographischen Karte häuft sich ein grosse Anzahl solcher Evaluierungsergebnisse an, die in dieser Menge keine sinnvolle Aussage über die globale Qualität der generalisierten Daten zulassen. Durch Aggregation wird diese grosse Anzahl zu wenigen repräsentativen Qualitätswerten zusammengefasst. Die Bereitstellung deskriptiver Informationen beruht auf dem Umstand, dass die aus dem Generalisierungsprozess resultierenden Veränderungen von Kartenobjekten nicht direkt in der Constraint-Verletzung enthalten sind. Statistische Masse und Verteilungen gewähren einen Einblick in die Veränderung von Kartenobjekten. Sie dienen jedoch nur als Zusatzinformation und fließen somit nicht in die quantitative Qualitätsbewertung ein.

5 Diskussion und Ausblick

Auch wenn das Evaluierungsverfahren, sowie die Interpretation der Generalisierungsergebnisse noch nicht abgeschlossen sind, können erste Ergebnisse zusammengefasst werden. Die bisherigen Testdurchläufe und die entsprechenden Resultate zeigen, dass Forschungs- und Entwicklungsbedarf in folgenden drei Hauptgebieten besteht: 1) in der Formulierung und Gewichtung der kartographischen Anforderungen, 2) in der situationsabhängigen Auswahl und Parametrisierung von Generalisierungsoperatoren sowie 3) in der Generalisierung von Objektgruppen. So sind die getesteten kommerziellen Softwareprodukte nur teilweise imstande, die von den nationalen Vermessungsämtern formulierten kartographischen Anforderungen an die generalisierten Daten adäquat umzusetzen.

Eine Hauptschwierigkeit besteht in der geeigneten und bisher nur in Ansätzen vorhandenen Formalisierung kartographischer Anforderungen an topographische Kartendarstellungen. Diese bilden die Voraussetzung für einen automatischen Generalisierungsprozess und liefern auch die Grundlage von Evaluierungsverfahren. Forschungsfragestellungen in diesem Bereich betreffen die Vollständigkeit von Constraintspezifikationen, die Gewichtung und Priorisierung von Constraints, sowie die Abhängigkeit und gegenseitige Beeinflussung von Constraintänderungen. Eine Analyse der Constraints, die von den vier beteiligten Vermessungsämtern formuliert wurden, hat u.a. ergeben, dass nur sehr wenige Constraints für Gruppenobjekte spezifiziert wurden. Diese werden benötigt um zum Beispiel wesentliche kartographische Muster während der Generalisierung zu erhalten oder zu betonen (Burghardt et al, 2007).

Analog zur Umsetzbarkeit von kartographischen Constraints im eigentlichen Generalisierungsprozess, wird auch die automatisierte Constraint-basierte Evaluierung durch den fehlenden Formalisierungsgrad eingeschränkt. Das Beispiel eines Form-Constraints in Kapitel 4 verdeutlicht die Schwierigkeiten in der quantitativen Evaluierung von Erhaltungs-Constraints. Im Gegensatz zu Lesbarkeit-Constraints, die über einen eindeutigen Grenzwert den gewünschten Zielzustand definieren und somit auch eindeutig evaluiert werden können, sind bei Erhaltungs-Constraints die zu erreichenden Zielwerte in Abhängigkeit vom Ursprungsdatensatz und Zielmassstab zu berechnen.

Die Kartenproduktion befindet sich heute in einem Umbruch. Die Ziele, nämlich die Modellierung des ganzheitlichen Generalisierungsprozesses, wie auch eine hohe bis vollständige Automatisierung der Generalisierungssysteme, sind durch die Interessen involvierter Akteure gegeben. Das EuroSDR-Projekt zeigt dabei mögliche Entwicklungsaufgaben und Forschungsfragestellungen auf, deren Bewältigung und Beantwortung zum Fortschritt in der automatisierten Kartenproduktion beitragen.

6 Referenzen

Bard, S. (2004): Quality Assessment of Cartographic Generalisation. Transaction in GIS, Vol. 8, No. 1, pp. 63-81.

Barrault, M., Regnauld, N., Duchêne, C., Haire, K., Baeijs, C., Demazeau, Y., Hardy, P., Mackaness, W. A., Ruas, A. and Weibel, R. (2001): Integrating multi-agent, object-oriented, and algorithmic techniques for improved automated map generalisation. In: Proceedings of the XX International Cartographic Conference, Vol. 3, Beijing, pp. 2110–2116.

Beard, M. K. (1991): Constraints on Rule Formation. In Buttenfield, B. P., and R. B. McMaster (eds), Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation, Longman Group, pp. 121-135.

Burghardt, D., Schmid, S. and Stoter, J. (2007): Investigations on cartographic constraint formalisation. In: Workshop of the ICA Commission on Generalisation and Multiple Representation, August, Moscow.

Harrie, L. and Weibel, R. (2007): Modelling the overall process of generalisation. In: Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications, W.A. Mackaness, A. Ruas and L.T. Sarjakoski (eds.) (Amsterdam: Elsevier Science), pp. 67–87.

Mackaness, W. A. and Ruas, A. (2007): Evaluation in the Map Generalisation Process. In: Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications, W.A. Mackaness, A. Ruas and L.T. Sarjakoski (eds.) (Amsterdam: Elsevier Science), chap. 5, pp. 89–111.

Ruas, A., and Plazanet, C. (1996): Strategies for Automated Generalization. Proceedings of the 7th Spatial Data Handling Symposium, Delft, the Netherlands, pp. 319-336.

Ruas, A. (1999): Modèle de généralisation de données géographiques à base de constraints et d'autonomie. Ph.D. thesis, IGN France and Université de Marne La Vallée.

Ruas, A. (2000): Automatic Generalisation Project: Learning Process from Interactive Generalisation, OEEPE report, No 39, http://www.eurosdrr.net/publications/39_oeepe.pdf

Stoter, J. E. (2005): Generalisation: the gap between research and practice, In: Proceedings of the 8th ICA workshop on generalisation and multiple representation: joint ICA commission seminar 7-8 July, 2005, part of ICC 2005 the 22nd international cartographic conference : mapping approaches into a changing world, 9-16 July 2005, A Coruña, Spain. 10 p.